

УДК 621.311

**О. М. ДОВГАЛЮК, Г. В. ОМЕЛЯНЕНКО, О. Є. ПІРОТТИ, Р. В. БОНДАРЕНКО,
Т. В. СИРОМЯТНИКОВА, І. С. ЯКОВЕНКО**

ОЦІНКА ЗАХОДІВ ЩОДО ПІДВИЩЕННЯ ЕФЕКТИВНОСТІ РОБОТИ МІСЬКИХ РОЗПОДІЛЬНИХ ЕЛЕКТРИЧНИХ МЕРЕЖ В УМОВАХ ЕНЕРГОРИНКУ УКРАЇНИ

Виконано аналіз сучасного технічного стану та перспектив розвитку розподільних електричних мереж України. Розглянуті основні тенденції та динаміка зміни показників надійності функціонування розподільних електричних мереж України. Визначені основні шляхи підвищення ефективності функціонування міських розподільних електричних мереж в умовах нового ринку електричної енергії, на основі яких розроблені організаційно-технічні заходи для підвищення надійності роботи міських розподільних електричних мереж. Розроблено техніко-економічний критерій для оцінки ефективності впровадження заходів з підвищення надійності роботи розподільних електричних мереж, який враховує особливості роботи міських розподільних електричних мереж в структурі нового ринку електричної енергії в Україні, величину показників надійності та якості роботи міських розподільних електричних мереж, витрати на заходи з підвищення надійності роботи міських розподільних електричних мереж та величину компенсації споживачам за недотримання гарантованих стандартів якості надання послуг з електропостачання. З використанням запропонованого критерію проведено оцінку доцільності застосування розроблених груп заходів з підвищення надійності роботи міських розподільних електричних мереж в умовах нового лібералізованого ринку електричної енергії в Україні та обґрунтовано вибір найбільш ефективних із запропонованих заходів.

Ключові слова: розподільна електрична мережа, показники надійності, критерій ефективності, технічні заходи, організаційні заходи, система накопичення, електрична енергія, ринок електричної енергії, ефективність

**О. Н. ДОВГАЛЮК, Г. В. ОМЕЛЯНЕНКО, О. Е. ПИРОТТИ, Р. В. БОНДАРЕНКО,
Т. В. СЫРОМЯТНИКОВА, И. С. ЯКОВЕНКО**

ОЦЕНКА МЕРОПРИЯТИЙ ПО ПОВЫШЕНИЮ ЭФФЕКТИВНОСТИ РАБОТЫ ГОРОДСКИХ РАСПРЕДЕЛИТЕЛЬНЫХ ЭЛЕКТРИЧЕСКИХ СЕТЕЙ В УСЛОВИЯХ ЭНЕРГОРЫНКА УКРАИНЫ

Выполнен анализ современного технического состояния и перспектив развития распределительных электрических сетей Украины. Рассмотрены основные тенденции и динамика изменения показателей надежности функционирования распределительных электрических сетей Украины. Определены основные пути повышения эффективности функционирования городских распределительных электрических сетей в условиях нового рынка электрической энергии, на основе которых разработаны организационно-технические мероприятия для повышения надежности работы городских распределительных электрических сетей. Разработан технико-экономический критерий для оценки эффективности внедрения мероприятий по повышению надежности работы распределительных электрических сетей, учитывающий особенности работы городских распределительных электрических сетей в структуре нового рынка электрической энергии в Украине, величину показателей надежности и качества работы городских распределительных электрических сетей, затраты на мероприятия по повышению надежности работы городских распределительных электрических сетей и величину компенсации потребителям за несоблюдение гарантированных стандартов качества предоставления услуг по электроснабжению. С использованием предложенного критерия проведена оценка целесообразности применения разработанных групп мероприятий по повышению надежности работы городских распределительных электрических сетей в условиях нового либерализованного рынка электроэнергии в Украине и обоснован выбор наиболее эффективных из предложенных мероприятий.

Ключевые слова: распределительная электрическая сеть, показатели надежности, критерий эффективности, технические мероприятия, организационные мероприятия, система накопления, электрическая энергия, рынок электрической энергии, эффективность

**OKSANA DOVGALYUK, HALYNA OMELIANENKO, ALEXEY PIROTTI, ROMAN BONDARENKO,
TATYANA SYROMYATNIKOVA, IVAN YAKOVENKO**

MEASURES EVALUATION TO INCREASE THE WORK EFFICIENCY OF CITY DISTRIBUTION ELECTRIC NETWORKS IN CONDITIONS THE UKRAINE ENERGY MARKET

The current technical condition and prospects analysis for the distribution electric networks development in Ukraine is completed. The main trends and changes dynamics in the reliability indicators of the Ukraine distribution electric networks functioning are considered. The main ways to improve the urban distribution electric networks functioning in the new electricity market, on the basis of which organizational and technical measures have been developed to increase the urban distribution electric networks reliability, have been identified. The technical and economic criterion for assessing the measures implementation effectiveness to increase the distribution electric networks reliability, taking into account the urban distribution electric networks features in the new electricity market structure in Ukraine, the reliability and quality urban distribution electric networks functioning indicators, the measures cost to improve reliability the urban distribution electric networks operation and the compensation amount to consumers for non-compliance guaranteed quality standards for the electricity services provision has been developed. The application appropriateness of the developed measures groups to improve the urban distribution electric networks reliability in the new liberalized electricity market in Ukraine was assessed using the proposed criterion, and the most proposed measures effective was justified.

Keywords: distribution electric network, reliability indicators, performance criteria, technical measures, organizational measures, storage system, electric energy, electric energy market, efficiency

Вступ. На сьогоднішній день існує стійка тенденція зростання попиту на електроенергію з боку споживачів при одночасному підвищенні вимог до її якості, збільшення частки розподіленої генерації у загальній структурі виробництва енергії та запровадження нового ринку електричної енергії в

© О. М. Довгалюк, Г. В. Омеляненко, О. Є. Піротті, Р. В. Бондаренко, Т. В. Сиромятнікова, І. С. Яковенко, 2019

енергосистемі України. В такій ситуації умови функціонування розподільних електричних мереж (РЕМ) змінюються та вимоги до забезпечення якості надання послуг з розподілу та постачання електричної енергії зростають. В умовах реформування енергетичного ринку України РЕМ виділені в окрему структурну одиницю і відіграють важливу роль у забезпеченні нормальної роботи роздрібного ринку електричної енергії.

Міські РЕМ мають особливості побудови, структури, вимог до забезпечення режимів, що потребує урахування при забезпеченні їх надійного функціонування в умовах енергоринку.

Таким чином, розробка та впровадження заходів для підвищення надійності та ефективності функціонування міських РЕМ на сьогоднішній день є актуальною задачею для енергетичної системи України.

Аналіз останніх досліджень і публікацій. Дослідженню особливостей роботи РЕМ приділяють багато уваги українські та іноземні вчені, серед яких слід відзначити Dugan R.C., Маки К., Кудрю С.О., Кириленко О.В., Праховника А.В., Тугая Ю. І., Яндульського О.С., Попова В.А., Кулика В.В., Зоріна В.В., Лежнюка П.Д., Черемісіна М.М. та інших. Значна частка наукових робіт присвячена питанням аналізу технічного стану та особливостей роботи РЕМ, особливостям інтеграції джерел розосередженої генерації в розподільні мережі, моделюванню та дослідженню режимів роботи сучасних РЕМ, підвищенню надійності їх роботи, забезпеченню якості електричної енергії [1, 2].

Останнім часом багато уваги приділяється питанням використання систем накопичення енергії (СНЕ) для підвищення надійності роботи електричних мереж [3] та впливу відновлюваних джерел енергії на роботу РЕМ.

У той же час питанням підвищення ефективності функціонування міських РЕМ доцільно приділити більше уваги, особливо в контексті реформування енергетичного сектору при переході до нової моделі енергоринку.

Мета статті. Метою проведених досліджень був аналіз стану роботи та розробка шляхів комплексного підходу до підвищення ефективності функціонування міських РЕМ України при реформуванні енергетичного ринку України.

Основні матеріали дослідження. Сучасні міські РЕМ мають значну кількість особливостей, які відрізняють їх серед інших електричних мереж. До характерних особливостей сучасних міських РЕМ слід віднести:

- складну та розгалужену структуру кабельних ліній напругою 10(6) та 0,4 кВ;
- велику щільність навантаження, яка передбачає застосування розподільних пристроїв (РП) та потужних трансформаторів на трансформаторних підстанціях (ТП);
- зростання частки побутових, комунальних споживачів та міського електричного транспорту в загальній структурі електроспоживання;

- значна кількість мереж загального користування, які одночасно живлять споживачів з різними графіками та суттєвими технологічними особливостями, внаслідок чого значно відрізняються їх вимоги до забезпечення електричною енергією;

- незадовільний технічний стан, оскільки період експлуатації майже 70% трансформаторних підстанцій та ліній електропередачі становить понад 40 років;

- низький рівень автоматизації керування режимами міських РЕМ;

- низький рівень оснащення інтелектуальним обладнанням та автоматизованими системами обліку електроенергії, який станом на 01.01.2019 р. складає лише 3 %;

- збільшення джерел розподіленої генерації, зокрема відновлюваних джерел енергії (ВДЕ), які суттєво впливають на режими роботи міських РЕМ.

Зазначені особливості накладають певні вимоги до структури та конфігурації міських РЕМ, а також сприяють застосуванню адаптованих під ці умови підходів щодо забезпечення режимів їх роботи для забезпечення надійності та якості їх функціонування.

11.06.2017 року набрав чинності Закон України «Про ринок електричної енергії» від 13.04.2017 № 2019-VIII [4] і розпочався процес реформування електроенергетичної галузі в Україні, який передбачає проведення кардинальних змін в галузі. Серед цих дій передбачається відокремлення функцій з розподілу електричної енергії від функцій виробництва, передачі та постачання, тобто створення відповідних окремих сегментів ринку електричної енергії.

Передачу та розподіл електричної енергії, що постачається споживачам, здійснюють оператор системи передачі (ОСП) та оператори систем розподілу (ОСР) відповідно до договорів, що укладаються із споживачем та постачальником електричної енергії відповідно до кодексу системи передачі, кодексу систем розподілу та правил роздрібного ринку.

Структурна схема системи передачі та розподілу електричної енергії показана на рис. 1.



Рисунок 1 – Структурна схема системи передачі та розподілу електричної енергії, що запроваджується в Україні

Згідно з діючим законодавством ОСР надає послуги з розподілу електричної енергії з урахуванням принципу економічної ефективності, планів розвитку територій, вимог щодо охорони навколишнього природного середовища тощо. Для цього ОСР організовує надійну та ефективну роботу системи розподілу, забезпечує недискримінаційний доступ до системи розподілу вісім учасникам процесу, забезпечує користувачів системи розподілу необхідною інформацією, забезпечує комерційний облік електроенергії тощо.

Система розподілу електричної енергії складається РЕМ регіонів України, які забезпечують передачу електричної енергії до споживачів. Власниками системи розподілу є окремі регіональні ОСР, які здійснюють експлуатацію РЕМ та забезпечують підтримку їх технічного стану.

Постачальником електричної енергії виступає суб'єкт господарювання, який здійснює продаж електричної енергії у відповідності з договором на постачання електричної енергії споживачу.

Ефективність постачання електричної енергії споживачам при такій системі передачі та розподілу буде залежати від декількох факторів:

- злагодженості та якості роботи запровадженого механізму організації ринку електричної енергії;
- надійності роботи систем передачі та розподілу електричної енергії, яка визначається технічним станом електричних мереж, які безпосередньо здійснюють поставку необхідної кількості потужності кожному споживачу.

Таким чином, при реформуванні ринку електричної енергії в Україні розподільні електричні мережі стають важливим елементом системи розподілу. Їх технічний стан потребує підтримання необхідного рівня для забезпечення ефективної і надійної роботи всієї енергосистеми.

На сьогоднішній день на ринку електричної енергії України діють 40 ліцензіатів на передачу електроенергії розподільними електричними мережами та 147 ліцензіатів на постачання електричної енергії. Станом на початок 2019 року система розподілу електричної енергії в Україні нараховує більше 1 млн. км. повітряних (ПЛ) і кабельних ліній (КЛ) електропередачі напругою 0,4 – 150 кВ і близько 200 тис. трансформаторних підстанцій напругою 6 – 150 кВ.

Система розподілу електричної енергії в Україні розташована на території 27 регіонів і обслуговується регіональними ОСР.

До основних функцій ОСР відносяться:

- забезпечення якості і надійності електропостачання;
- керування режимами роботи системи розподілу;
- експлуатація та ремонт ліній електропередачі, підстанцій та інших об'єктів, що входять до складу розподільної електричної мережі;
- здійснення під'єднання та від'єднання від системи розподілу споживачів;
- встановлення лічильників електричної енергії та моніторинг їх показань.

Сучасний стан розвитку РЕМ України характеризується такими негативними чинниками як:

- незадовільний стан значної частки обладнання електричних мереж, більшість з якого відпрацювала передбачений технічною документацією термін експлуатації і спричиняє значні втрати електричної енергії, недостатню надійність при експлуатації мережі та потребує заміни;
- неефективна конфігурація мереж, яка в першу чергу проявляється у значній довжині ЛЕП, а також в неоптимальній структурі мережі внаслідок поступового розвитку та реконструкції мереж;
- низький рівень автоматизації мереж (на сьогоднішній день рівень оснащення РЕМ засобами автоматичного управління режимами складає менше 50 %, що призводить до значних операційних втрат);
- проблеми з підключенням нових абонентів, зокрема розподіленої генерації, електроопалення та інфраструктури електротранспорту, які виникають через низьку пропускну здатність РЕМ;
- низька якість електропостачання споживачів (низький рівень технічного стану РЕМ сприяє зниженню індексу середньої тривалості відключень (SAIDI) та індексу середньої частоти відключень у системі (SAIFI) міжнародних показників надійності електропостачання споживачів - тривалість перерв електропостачання в Україні сягає від 580 до 870 хвилин, тоді як у країнах ЄС – до 40 хвилин, що представлено на рис. 2, 3 [5]);
- низький рівень оснащення РЕМ автоматизованими системами обліку електроенергії, який станом на 01.01.2019 р. складає лише 3 %.

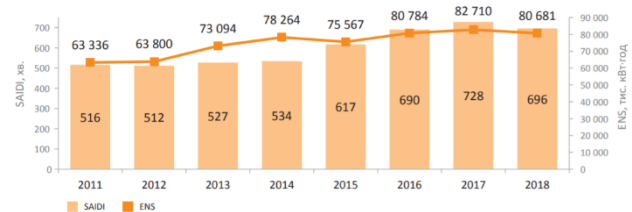


Рисунок 2 – Динаміка показників надійності для розподільних електричних мереж України

Як результат такого незадовільного технічного стану розвитку РЕМ України є:

- збільшення втрат електричної енергії, які становлять від 12 до 17% для розподільних мереж різних енергопостачальних компаній;
- зниження показників надійності роботи електричних мереж;
- зниження ефективності роботи системи розподілу електричної енергії в ОЕС України.



Рисунок 3 – Динаміка відпуску та витрат електричної енергії в РЕМ України

Таким чином, підвищення ефективності функціонування міських РЕМ при впровадженні енергетичного ринку України стає одним з суттєвих шляхів підвищення ефективності роботи ОЕС України в цілому.

Для практичного вирішення зазначених проблем необхідно розробити та запровадити низку заходів щодо покращення функціонування міських РЕМ з урахуванням регіональних особливостей, комплексного підходу до вирішуваної задачі та можливістю залучення сучасних методів і технологій. Основні шляхи підвищення ефективності роботи міських РЕМ представлені на рис. 4.

Кількісне оцінювання ефекту від впровадження запропонованих заходів щодо підвищення ефективності функціонування міських РЕМ України є дуже важливим для висновку щодо їх доцільності. Виконаний аналіз досвіду інших країн показав, що для вирішення цієї задачі застосовується багато методів. Необхідність одночасного врахування багатьох параметрів технічного і економічного характеру є суттєвою при рішенні цієї задачі.

Таким чином, для оцінки ефективності впровадження заходів для підвищення надійності роботи цих мереж доцільно використовувати техніко-економічний критерій, який враховує особливості роботи міських РЕМ в структурі нового ринку електричної енергії в Україні:

$$K_{ef}(x) = \sum_{m=1}^M w_{R_m} \cdot R_m(x) + w_C \cdot C(x) + w_K \cdot K(x) + w_{\eta_{CHE}} \cdot \eta_{CHE}(x) \quad (1)$$

де x – номер групи заходів з підвищення надійності функціонування міських РЕМ, який характеризується вектором параметрів мережі;

$R_m(x)$ – індекс надійності міських РЕМ (SAIDI, SAIFI, MAIFI, ENS тощо), значення якого визначається відповідно до [6];

M – кількість індексів надійності електричної мережі, які враховуються при розрахунку;

$C(x)$ – сумарні витрати системи розподілу електричної енергії на заходи з підвищення надійності роботи міських РЕМ;

$K(x)$ – сума компенсації споживачам за недотримання гарантованих стандартів якості надання послуг з електропостачання, яку ОСР нараховує і надає споживачу відповідно до [4];

$\eta_{CHE}(x)$ – коефіцієнт корисної дії (ККД) СНЕ, які застосовуються в міських РЕМ;

w_{R_m} , w_C , w_K , $w_{\eta_{CHE}}$ – вагові коефіцієнти, які враховують значущість індексів надійності електричної мережі, сумарних витрат на заходи з підвищення надійності $C(x)$ та компенсації споживачам за недотримання стандартів якості надання послуг з електропостачання $K(x)$ відповідно до поточного стану на ринку електричної енергії, а також ККД застосовуваних СНЕ $\eta_{CHE}(x)$.

Індекси надійності електропостачання споживачів в РЕМ відповідають міжнародним показникам і згідно з [6] є обов'язковими для оцінки якості роботи ОСП. Їх значення визначаються на основі спостережень наступним чином:



Рисунок 4 – Класифікація заходів щодо підвищення ефективності роботи міських РЕМ

- індекс середньої тривалості довгих перерв в електропостачанні в мережі (SAIDI) розраховується як відношення сумарної тривалості довгих перерв в електропостачанні в точках комерційного обліку електричної енергії, в яких було припинене електропостачання, за звітний період до загальної кількості точок комерційного обліку електричної енергії за формулою [6]:

$$SAIDI = \frac{\sum_{i=1}^k t_i \cdot n_i}{n}, \quad (2)$$

де t_i – тривалість i -ої довгої перерви в електропостачанні, хв.;

n_i – кількість точок комерційного обліку електричної енергії, в яких було припинене електропостачання у результаті i -ої довгої перерви в електропостачанні, од.;

n – загальна кількість точок комерційного обліку електричної енергії, од.;

k – кількість довгих перерв в електропостачанні протягом звітного періоду;

i – номер довгої перерви в електропостачанні, $i = 1, 2, 3, \dots, k$;

t_i – тривалість часу перерв електропостачання споживачів i -ої ділянки мережі;

N_i – кількість споживачів на i -ій ділянці мережі;

N_c – загальна кількість споживачів в мережі;

m – кількість ділянок в мережі;

- індекс середньої частоти довгих перерв в електропостачанні в мережі в системі (SAIFI) розраховується як відношення сумарної кількості точок комерційного обліку електричної енергії, в яких було припинене електропостачання внаслідок усіх довгих перерв в електропостачанні протягом звітного періоду, до загальної кількості точок комерційного обліку електричної енергії за формулою [6]

$$SAIFI = \frac{\sum_{i=1}^k n_i}{n}; \quad (3)$$

- індекс середньої частоти коротких перерв (до 3 хвилин) в електропостачанні в мережі (MAIFI) розраховується як відношення сумарної кількості відключених точок комерційного обліку електричної енергії, в яких було припинене електропостачання внаслідок усіх коротких перерв в електропостачанні протягом звітного періоду, до загальної кількості точок комерційного обліку електричної енергії за формулою [6];

- індекс середньої частоти коротких перерв в електропостачанні в системі

$$MAIFI = \frac{\sum_{j=1}^r n_j}{n}, \quad (4)$$

де n_j – кількість точок комерційного обліку електричної енергії, в яких було припинене електропостачання у результаті j -ої короткої перерви в електропостачанні, од.;

r – кількість коротких перерв в електропостачанні протягом звітного періоду;

j – номер короткої перерви в електропостачанні, $j = 1, 2, 3, \dots, r$;

- розрахунковий обсяг недовідпущеної електроенергії [6]

$$ENS = \sum_{l=1}^6 \sum_{i=1}^k \frac{n_i^{z_l} \cdot t_i \cdot Q^{z_l}}{43800}, \quad (5)$$

де z_l – ознака рівня напруги та відповідної території ($z_1 = 0,4$ кВ - міський населений пункт, $z_2 = 0,4$ кВ - сільський населений пункт, $z_3 = 6 - 20$ кВ - міський населений пункт, $z_4 = 6 - 20$ кВ - сільський населений пункт, $z_5 = 27,5 - 35$ кВ, $z_6 = 110/154$ кВ);

$n_i^{z_l}$ – кількість точок комерційного обліку електричної енергії, в яких було припинене електропостачання внаслідок i -ої довгої перерви з z -ою ознакою рівня напруги та відповідної території, од.;

Q^{z_l} – середньомісячне споживання електричної енергії в попередньому році на одну точку комерційного обліку електричної енергії з z_1 -ою ознакою рівня напруги та відповідної території, тис. кВт·год;

43800 – звітний період часу (середньомісячний за рік), перерахований у хвилини.

При визначенні прогнозних значень індексів надійності для розподільних електричних мереж доцільно скористатись виразами для статистичних оцінок показників. Так тривалість перерв в електропостачанні споживачів для розрахунку SAIDI та ENS визначається за виразом

$$t_i = \varpi_i \cdot \tau_i, \quad (6)$$

де ϖ_i – частота відмов i -ої ділянки мережі;

τ_i – середній час відновлення електропостачання для i -ої перерви в електропостачанні.

Запропонований техніко-економічний критерій ефективності є особливим, оскільки приймає до уваги особливості поточного стану ринку електричної енергії та специфіку методи нарахування компенсації споживачам за порушення стандартів з якості електропостачання в Україні.

Для визначення доцільного заходу з підвищення надійності роботи міських РЕМ з переліку розрахованих критеріїв ефективності визначаємо мінімальний:

$$K_{ef}(x) \rightarrow \min. \quad (7)$$

При вирішенні поставленої задачі необхідно враховувати умови обмеження за технічними характеристиками пристроїв, показниками надійності електропостачання та якості електричної енергії:

$$\begin{aligned} SAIDI(x) &\leq SAIDI_{max}, & SAIFI(x) &\leq SAIFI_{max}, \\ MAIFI(x) &\leq MAIFI_{max}, & ENS(x) &\leq ENS_{max}, \\ \Pi_{ЯЕЕ}(x) &\leq \Pi_{ЯЕЕГП}, & \Pi_{реж}(x) &\leq \Pi_{режГП}, \end{aligned} \quad (8)$$

де $SAIDI_{max}$, $SAIFI_{max}$, $MAIFI_{max}$, ENS_{max} – максимальні значення індексів надійності розподільної електричної мережі, які відповідають потрібному рівню надання послуг електропостачання;

$P_{яеегп}$ – гранично припустимі значення показників якості електричної енергії;

$SP_{режгп}$ – гранично припустимі значення параметрів режиму міської РЕМ (напруги у вузлах мережі, струми в лініях тощо).

Для РЕМ, розташованої на території м. Харків, були розроблені групи заходів з підвищення надійності електропостачання споживачів та функціонування мережі. З використанням розробленого критерію (1) було вибрано найбільш доцільний із розглянутих заходів. Результати розрахунку представлені в табл. 1. Досліджувана міська РЕМ виконана кабельними лініями 10 кВ та 0,4 кВ з використанням проводів марки ААШВ. Мережа розташована на території площею понад 70 км² і одержує живлення від 4 понижуючих підстанцій 110/10 кВ. В ТП 10/0,4 кВ встановлено по 2 силових трансформатори, потужність яких становить 1000 кВА, 630 кВА. До складу мережі входить два РП 10 кВ.

Таблиця 1 – Оцінка заходів з підвищення надійності роботи міських РЕМ

Номер групи заходів з підвищення ефективності роботи РЕМ X	Характеристика групи заходів з підвищення ефективності роботи РЕМ	Коефіцієнт ефективності $K_{ef}(x)$, в.о.
1	Встановлення інтелектуального обладнання на ТП та РП	0,83
2	Переведення мережі з напруги 10 кВ на напругу 20 кВ з використанням захищених проводів	0,89
3	Встановлення реклоузерів	0,68
4	Впровадження розподіленої генерації, зміна режиму роботи релейного захисту	0,89
5	Застосування СНЕ	0,73
6	Впровадження розподіленої генерації, застосування СНЕ	0,65

Як видно з табл. 1, найбільш доцільним для розглянутої міської РЕМ є захід, який передбачає впровадження розподіленої генерації та застосування СНЕ.

Висновки.

Виконаний аналіз показав, що незадовільний технічний стан сучасних міських РЕМ України значно знижує показники ефективності та надійності роботи як РЕМ, так і ОЕС України в цілому.

Для підвищення надійності функціонування міських РЕМ необхідно для кожної з регіональних ОРС

розробити та впровадити низку організаційно-технічних заходів, які дозволять оновити структуру та конфігурацію мереж, а також сприятимуть розвитку інтелектуалізації електричних мереж.

Для обґрунтування доцільності застосування заходів щодо підвищення ефективності функціонування міських РЕМ був розроблений техніко-економічний критерій ефективності, який враховує особливості поточного стану ринку електричної енергії та специфіку нарахування компенсацій споживачам за порушення стандартів з якості електропостачання в Україні.

Реалізація проектів з підвищення ефективності та надійності функціонування міських РЕМ потребує ретельної оцінки та державної підтримки.

Список літератури

1. Ахромкін А. О. Сучасні характеристики електричних мереж України: регіональний аспект / А. О. Ахромкін // Вісник східноукраїнського національного університету імені Володимира Дала. – 2015. – № 6 (223). – С. 7-10.
2. Жаркин А.Ф. Решение задачи оптимального секционирования воздушных распределительных сетей в условиях нормирования показателей надежности / А. Ф. Жаркин, В. А. Попов, В. В. Ткаченко // Технічна електродинаміка. – 2013. – № 5. – С. 61-69.
3. Haisheng Chen, Thang Ngoc Cong, Wei Yang, Chunqing Tan, Yongliang Li, Yulong Ding. Progress in electrical energy storage system: A critical re-view / Progress in Natural Science 19(3):291-312., 2009. DOI:10.1016/j.pnsc.2008.07.014
4. Закон України «Про ринок електричної енергії» від 13.04.2017 № 2019-VIII. – Режим доступу: <https://zakon.rada.gov.ua/laws/show/2019-19>
5. Національна комісія, що здійснює державне регулювання у сферах енергетики та комунальних послуг (НКРЕКП). Офіційний веб-сайт. – Режим доступу: <http://www.nerc.gov.ua/?id=11895>
6. Форми звітності щодо показників якості електропостачання та інструкції щодо їх заповнення, Затверджено Постановою НКРЕКП, № 374 від 12.06.2018. – Режим доступу: <https://zakon.rada.gov.ua/laws/show/v0374874-18#n18>

References (transliterated)

1. Akhromkin A. O. Suchasni kharakterystyky elektrychnykh merezh Ukrainy: rehionalnyi aspekt / A. O. Akhromkin // Visnyk skhidnoukrainskoho natsionalnoho universytetu imeni Volodymyra Dalia. – 2015. – vol. 6 (223). – pp. 7-10.
2. Zharkin A.F. Reshenie zadachi optimalnogo sektsionirovaniya vozduzhnykh raspredelitelnykh setey v usloviyah normirovaniya pokazateley nadezhnosti / A. F. Zharkin, V. A. Popov, V. V. Tkachenko // Tehnichna elektrodinamika. – 2013. – vol. 5. – pp. 61-69.
3. Haisheng Chen, Thang Ngoc Cong, Wei Yang, Chunqing Tan, Yongliang Li, Yulong Ding. Progress in electrical energy storage system: A critical re-view / Progress in Natural Science 19(3):291-312., 2009. DOI:10.1016/j.pnsc.2008.07.014
4. Zakon Ukrainy «Pro rynok elektrychnoi enerhii» vid 13.04.2017 № 2019-VIII. - Rezhym dostupu: <https://zakon.rada.gov.ua/laws/show/2019-19>
5. Natsionalna komisii, shcho zdiisniue derzhavne rehuliuвання u sferakh enerhetyky ta komunalnykh posluh (NKREKP). Ofitsiyniy veb-sait. – Rezhym dos-tupu: <http://www.nerc.gov.ua/?id=11895>
6. Formy zvitnosti shchodo pokaznykiv yakosti elek-tropostachannia ta instrukt sii shchodo yikh zapovnennia, Zatverdzheno Postanova NKREKP, № 374 vid 12.06.2018. Rezhym dostupu: <https://zakon.rada.gov.ua/laws/show/v0374874-18#n18>

Надійшла (received) 20.11.2019

Довгалиук Оксана Миколаївна (Довгалиук Оксана Николаевна, Dovgalyuk Oksana Mykolayivna) – кандидат технічних наук, доцент, Національний технічний університет «Харківський політехнічний інститут», професор кафедри передачі електричної енергії, м. Харків; тел.: (057) 707-62-46; ORCID: <https://orcid.org/0000-0003-1994-619X>; e-mail: Dovgalyuk_O@khpri.edu.ua.

Омельяненко Галина Вікторівна (Омельяненко Галина Викторовна, Omelianenko Halyna Viktorivna) – кандидат технічних наук, доцент, Національний технічний університет «Харківський політехнічний інститут», професор кафедри передачі електричної енергії, м. Харків; тел.: (057) 707-62-46; ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-3276-5476>; e-mail: omeljanenkhalina@i.ua.

Піротті Олексій Євгенович (Пиротти Алексей Евгеньевич, Pirotti Alexey Evgenyevich) – кандидат технічних наук, доцент, Національний технічний університет «Харківський політехнічний інститут», доцент кафедри передачі електричної енергії, м. Харків; тел.: (057) 707-62-46; ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-4357-996X>; e-mail: alpir@ukr.net.

Бондаренко Роман Вікторович (Бондаренко Роман Викторович, Bondarenko Roman Viktorovich) – Національний технічний університет «Харківський політехнічний інститут», аспірант кафедри передачі електричної енергії, м. Харків; тел.: (057) 707-62-46; ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-6081-5020>; e-mail: elektrotehnika245@ukr.net.

Сиромятнікова Тетяна Віталіївна (Сыромятникова Татьяна Витальевна, Syromyatnikova Tatyana Vitaliyivna) – Харківський національний університет міського господарства ім. О.М. Бекетова, магістр кафедри електричних станцій, інженер кафедри систем електропостачання та електроспоживання міст, м. Харків; ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-9994-943X>; e-mail: tatianabloschenko@gmail.com.

Яковенко Іван Сергійович (Яковенко Иван Сергеевич, Yakovenko Ivan Serhiyovych) – Національний технічний університет «Харківський політехнічний інститут», аспірант кафедри передачі електричної енергії, м. Харків; тел.: (057) 707-62-46; ORCID: <http://orcid.org/0000-0001-9934-2841>; e-mail: i.c.jakovenko@gmail.com.